



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## En langtidsvurdering af den vertikale densitetsstabilitet i Thisted Bredning

oktober 1982

Larsen, Torben

*Publication date:*  
1982

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Larsen, T. (1982). *En langtidsvurdering af den vertikale densitetsstabilitet i Thisted Bredning: oktober 1982*. Aalborg Universitetscenter, Inst. for Vand, Jord og Miljøteknik, Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning.

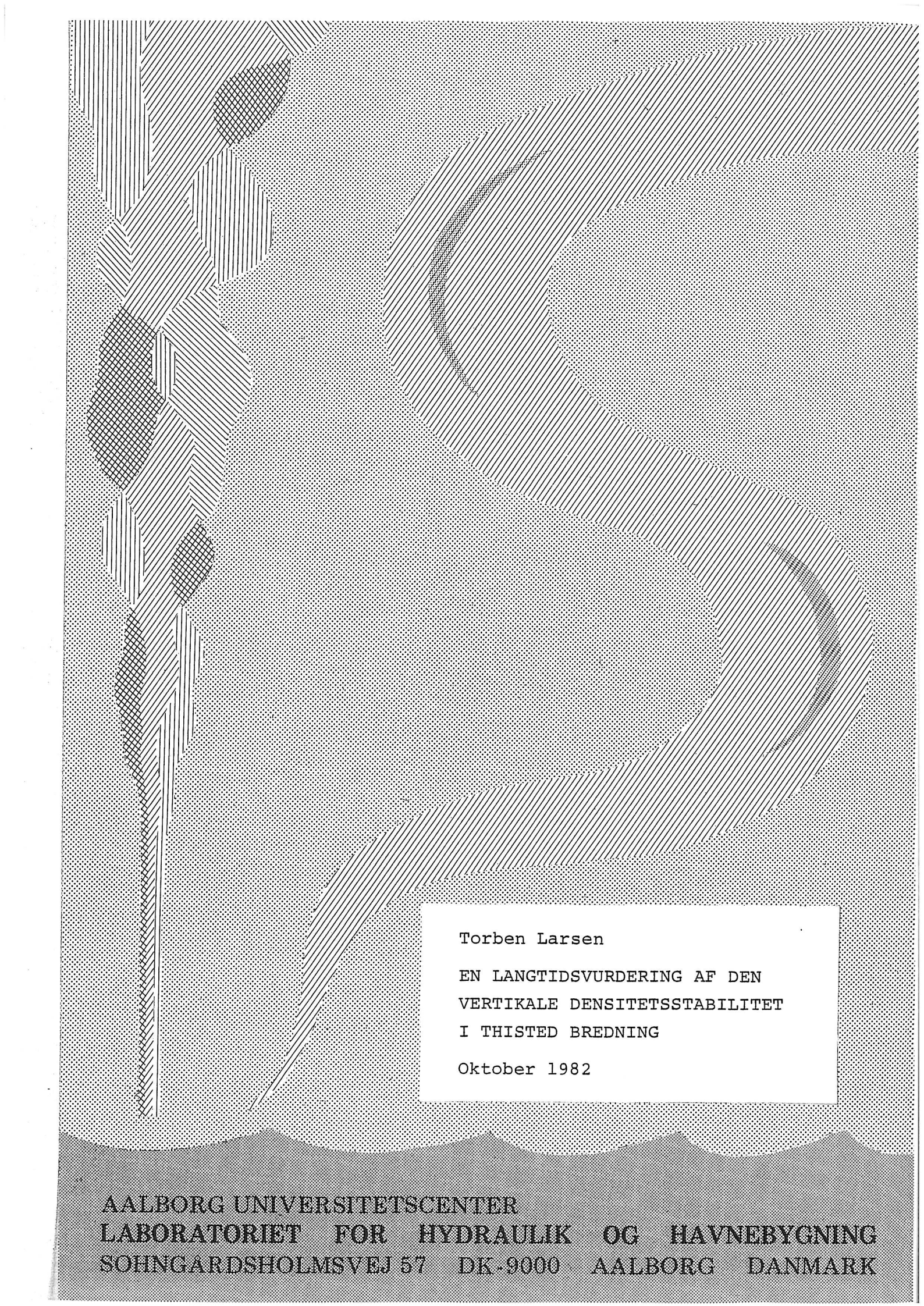
### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Torben Larsen

EN LANGTIDSVURDERING AF DEN  
VERTIKALE DENSITETSSTABILITET  
I THISTED BREDNING

Oktober 1982

AALBORG UNIVERSITETSCENTER  
LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING  
SOHNGARDSHOLMSVEJ 57 DK-9000 AALBORG DANMARK

AALBORG UNIVERSITETSCENTER

INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING

Sohngårdsholmsvej 57 DK-9000 Aalborg Danmark tlf.(08)142333

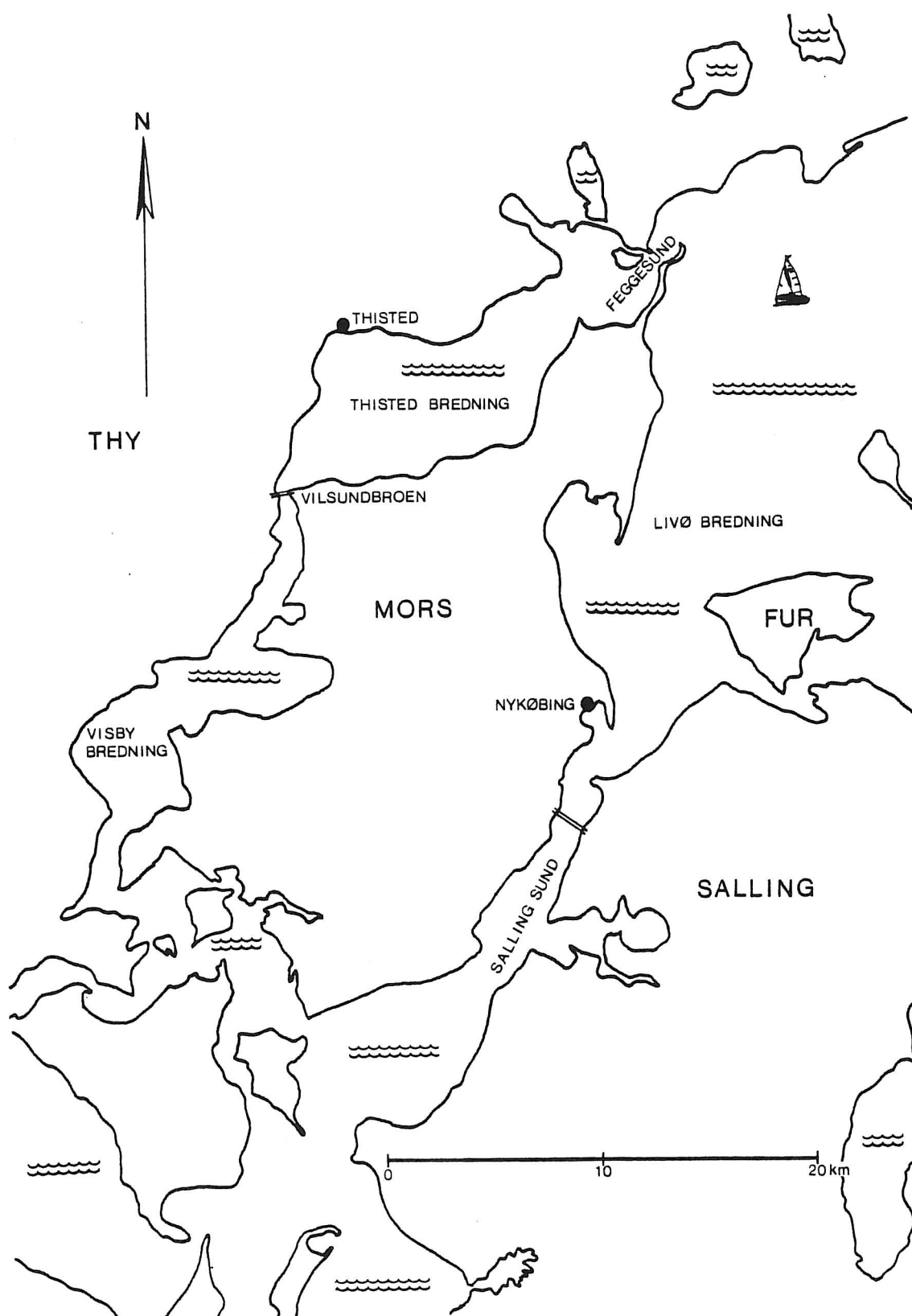
Torben Larsen

EN LANGTIDSVURDERING AF DEN  
VERTIKALE DENSITETSSTABILITET  
I THISTED BREDNING

Oktober 1982

## INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Introduktion	side	2
2. Målinger fra Vilsundbroen	side	3
3. Karakterisering af lagdelingen	side	4
4. Karakterisering af lagdelingens tidsforløb	side	5
5. Overskridelseshyppigheder for lagdelingen	side	6
6. Referencer	side	12



Figur nr. 1 Oversigtsplan

## 1. INTRODUKTION

I forbindelse med forskellige aktiviteter på Limfjorden gennem de sidste ca. 10 år har man ved sporadiske målinger kunnet konstatere, at vandområder, som en stor del af året stort set er vertikalt opblandet, lejlighedsvis stabiliserede sig med en densitetsforskel mellem overflade og bund af størrelsesordenen  $0-3 \text{ kg/m}^3$ . Da man ved, at bundvendingsproblemerne i Limfjorden især knytter sig til områder, hvor en sådan lagdeling forekommer, har man påbegyndt en langtidsanalyse af den tidsmæssige fordeling af lagdelingsstrukturen i Thisted bredning. Man har her taget udgangspunkt i de daglige målinger ved Vilsundbroen, hvor temperatur og salinitet i 4 dybder er målt over en lang årrække. En analyse af de hydrografiske forhold i dette område mellem Visby og Thisted bredninger har vist, at disse målinger er velegnede til formålet.

For at kunne karakterisere den vertikale lagdeling ved en variabel har man valgt at lade lagdelingen repræsentere ved dennes potentielle energi i forhold til energien ved fuld opblanding.

Arsagen til at lagdeling lejlighedsvis opbygges må formentlig findes i samspillet mellem vind, varmetransport, fordampling, saltvandsindtrængning m.v. Ved denne lejlighed begrænser man sig dog til at beskrive lagdelingens tidsmæssige udbredelse.

Da lagdeling er ensbetydende med lav vertikal transport og øget mulighed for sedimentation, vil lagdelingen være en af de vigtigste fysiske miljøfaktorer for Limfjordens biologi. Det materiale, som fremlægges her, kunne måske derfor finde anvendelse ved vurderingen af de mange korttidsundersøgelers repræsentativitet.

## 2. MÅLINGER FRA VILSUNDBROEN

Salinitet (saltholdighed) og temperatur måles dagligt kl. 08.00 fra Vilsundbroen i 4 dybder: overflade, 5 m, 10 m og ved bunden i ca. 13 m dybde. De optagne prøver analyseres med et hydrometer (Jena glas 16 III) og via standardtabeller bestemmes saliniteten. Temperaturen aflæses direkte.

Observationerne påbegyndtes i 1941 og har været indsamlet siden. Materialet har enkelte huller, primært på grund af at isforholdene til tider har umuliggjort optagning af prøver. Til rådighed for herværende analyser har man haft data fra 35 år. Disse data har foreligget på magnetbånd for EDB-behandling og det drejer sig om ca. 70.000 enkeltdata. Målingerne dækker 97,4% af dagene i den sammenhængende periode fra 1. juni 1941 til 31. december 1975.

Til brug for de senere omtalte undersøgelser af lagdelingen må de registrerede værdier af salinitet  $S$  og temperatur  $t$  omsættes til densitet  $\rho$ . Denne omregning blev foretaget ved anvendelse af nedenstående formler som angivet af Riley (1975).

$$C_1 = S/1.80655$$

$$\sigma_o = -6.9 \text{ E-2} + 1.4708 C_1 - 1.570 \text{ E-3 } C_1^2 + 3.98 \text{ E-5 } C_1^3$$

$$A_t = 4.786 \text{ E-3 } t - 9.8185 \text{ E-5 } t^2 + 1.0843 \text{ E-6 } t^3$$

$$B_t = 1.803 \text{ E-5 } t - 8.146 \text{ E-7 } t^2 + 1.667 \text{ E-8 } t^3$$

$$\Sigma_t = (t - 3.98)^2 (t + 283) / [503.57 (t + 67,26)]$$

$$\sigma_t = (\sigma_o + 0.1324) [1 - A_t + B_t (\sigma_o - 0.1324)] + \Sigma_t$$

$$\rho_4 = 999.975$$

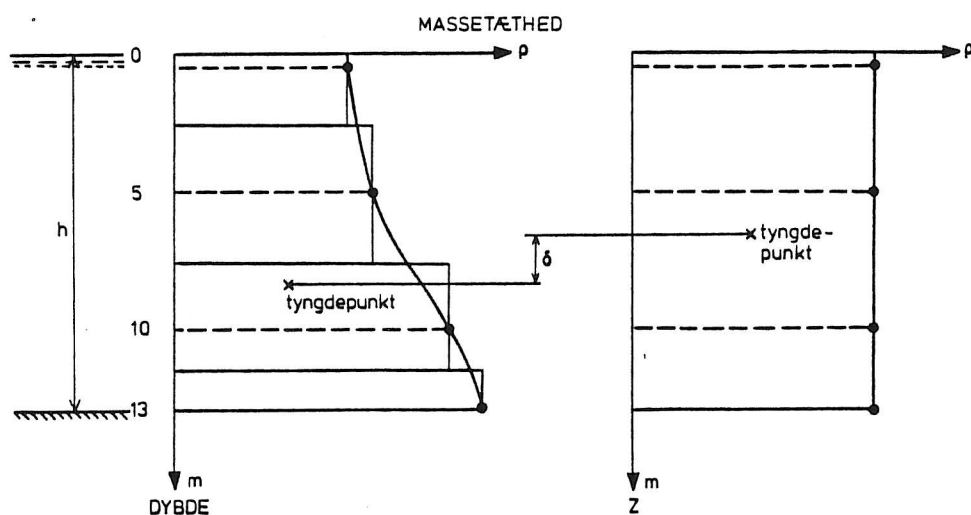
$$\rho = \rho_4 (\sigma_t + 1000) \text{ kg/m}^3$$

De anvendte data er desuden rapporteret i Meteorologisk Instituts årbøger (se referencelisten).



### 3. KARAKTERISERING AF LAGDELINGEN

Lagdelingen i et marint kystområde kan karakteriseres ved den lodrette fordeling  $\rho(z)$  af densiteten. I en langtidsvurdering som denne, er det en fordel at kunne karakterisere lagdelingen ved kun een variabel. Til at karakterisere den over dybden integrerede værdi af lagdelingen har man valgt at benytte lagdelingens potentielle energi  $E_p$ . Denne defineres som differensen mellem den aktuelle vandsøjles potentielle energi og samme vandsøjles potentielle energi, såfremt denne var fuldt opblandet. På figur nr. 3-1 ses forudsætningerne for beregning af lagdelingens potentielle energi  $E_p$ .



Figur nr. 3-1 Beregning af potentiel energi i lagdeling

Først beregnes tyngdepunktets placering i vandsøjlen. Højdeforskellen mellem dette tyngdepunkt og det geometriske midtpunkt betegnes  $\delta$ . Den potentielle energi i lagdelingen bliver herefter

$$E_p = \delta \rho_m g h$$

Samtlige data er behandlet i overensstemmelse med ovenstående. Såfremt man ønsker en overslagsmæssig omregning til mere velkendte enheder kan følgende benyttes:

Antages det at temperaturen er lig  $10^{\circ}\text{C}$ , dybden lig  $13$  m samt at saliniteten tiltager lineært med dybden i området omkring  $25\%$  fås følgende omregning

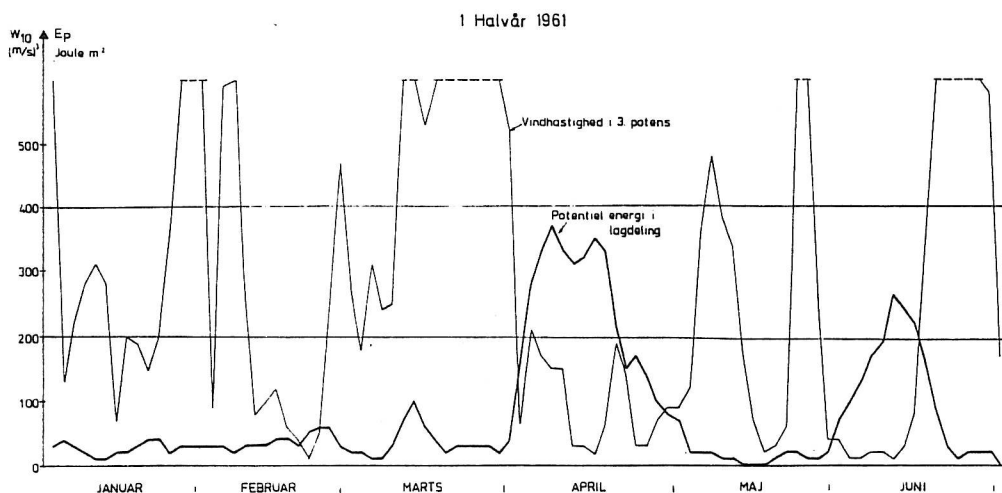
$$100 \text{ Joule/m}^2 \sim \Delta\rho = 0,65 \text{ kg/m}^3 \sim \Delta S = 0,92\%$$

hvor  $\Delta$  betyder differensen mellem bund og overflade.



#### 4. KARAKTERISERING AF LAGDELINGENS TIDSFORLØB

Lagdelingen, karakteriseret ved dennes potentielle energi, foreligger herefter som en stort set sammenhængende tidsserie for observationsperioden. På nedenstående figur nr. 4-1 er vist et udsnit af serien.



Figur nr. 4-1 Udglattede værdier (5 døgns glidende gennemsnit) af potentiel energi i lagdeling samt vindhastigheden i 3. potens.

En serie som her vist kan næppe betegnes som en stationær stokastisk proces. Der synes at fremstå en markant forskel mellem perioder med lagdeling og perioder uden. I perioder uden lagdeling bemærker man nogle tilsyneladende tilfældige fluktuationer, baggrundsstøj, som formentlig skyldes uensartet blanding, uensartet opvarmning, måleusikkerhed m.v. Derimod viser figuren, at perioder med lagdeling har en tydelig tidsmæssig sammenhæng med mindre baggrundsstøj.

Da man ikke på nuværende tidspunkt har et forslag til en stokastisk beskrivelse af en sådan serie, forekommer det rimeligt indtil videre at benytte overskridelseshyppigheden for forskellige størrelser af den potentielle energi, som et mål for lagdelingens tidsmæssige udbredelse.

Man kan umiddelbart fastslå, at anvendelse af tidslige gennemsnit ikke er hensigtsmæssige størrelser at anvende, når fordelingen er så usymmetrisk som her.

## 5. OVERSKRIDELSESHYPPIGHEDER FOR LAGDELINGEN

### 5.1 Sæsonvariationen

Overskridelseshyppigheden for den potentielle energi, større end eller lig med henholdsvis 100, 200 og 400 Joule/m<sup>2</sup> fordelt på årets måneder, fremgår af figur nr. 5.1-1. Diskontinuiteten i kurvernes forløb indikerer, at observationsmaterialet ikke helt kan bære en differentiering på månedsbasis. Det er dog markant, at lagdelingen har maksimum i marts-april og minimum i november. På figur nr. 5.1-2 er vist den kvartalsvise fordeling af overskridelseshyppigheden. Mest markant udskiller 4. kvartal sig med hyppigheder af lagdelingen på mindre end halvdelen af årsgennemsnittet.

### 5.2 Langtidsvariationen

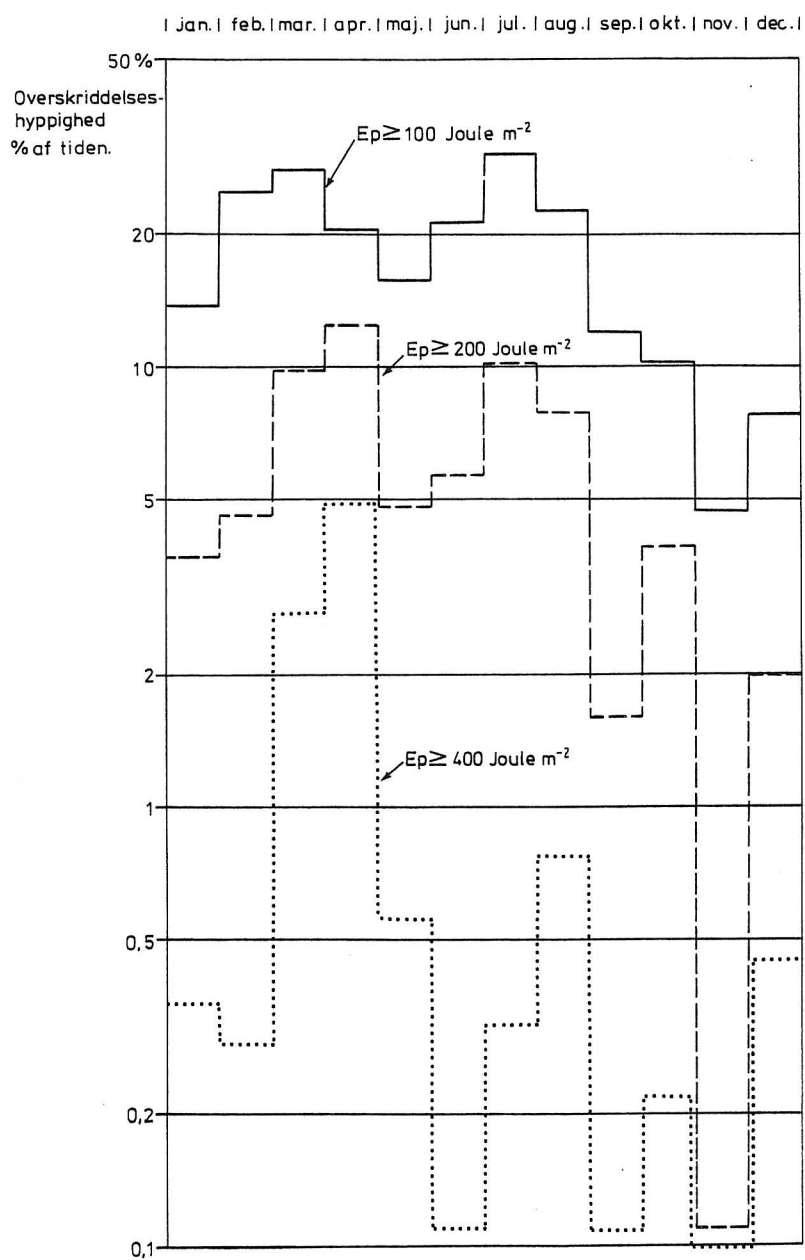
Overskridelseshyppigheden for den potentielle energi, større end eller lig med 100 og 200 Joule/m<sup>2</sup> for de enkelte år i observationsperioden, ses af figur nr. 5.2-1. Medianen for overskridelse af  $E_p = 100$  Joule/m<sup>2</sup> er ca. 13% af tiden og for overskridelse af 200 Joule/m<sup>2</sup> er medianen ca. 3,5% af tiden.

Man kan ikke påvise, at overskridelseshyppigheden for på hinanden følgende år er korreleret.

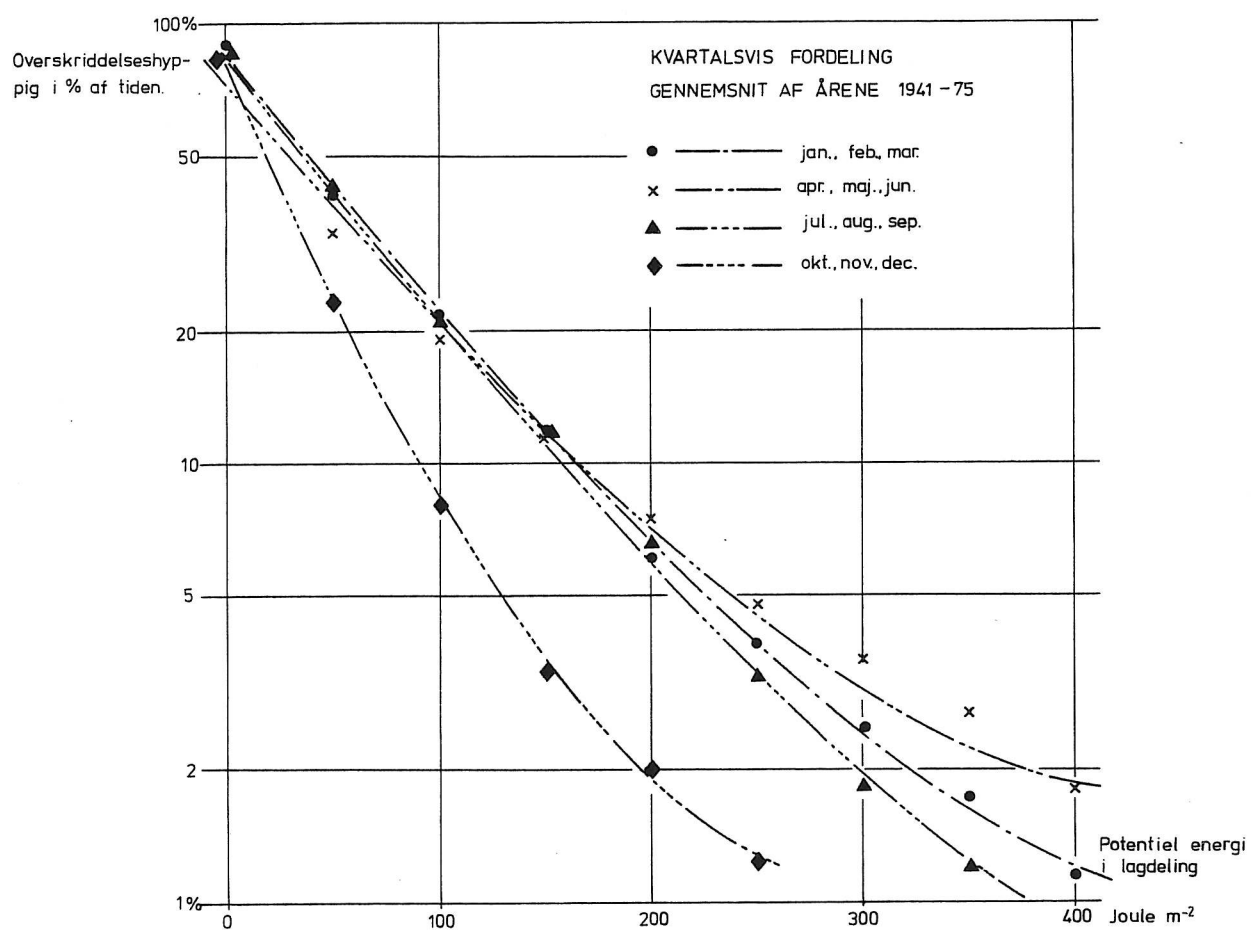
Med henblik på at vurdere om der har været en langtidsudvikling i overskridelseshyppigheden, er der på figur nr. 5.2-2 angivet overskridelseshyppighedens fordeling på dekaderne 1941-50, 1951-60 og 1961-70. Der synes at være en svag forøgelse fra dekaden 1941-50 til dekaden 1951-60. Det eneste punkt, på hvilket man øjensynligt kan iagttage en tydelig tendens, er på fordelingen på årets sidste kvartal, figur nr. 5.2-3.

Til afslutning skal det nævnes, at man ud over hvad der er præsenteret her har udført en række analyser af forskellig art for at undersøge materialets statistiske egenskaber, og for at belyse forskellige årsags-sammenhænge mellem lagdelingen og andre fysiske faktorer, herunder bl.a. vind, temperatur og fordampning.

## Fordeling på måneder 1941-75

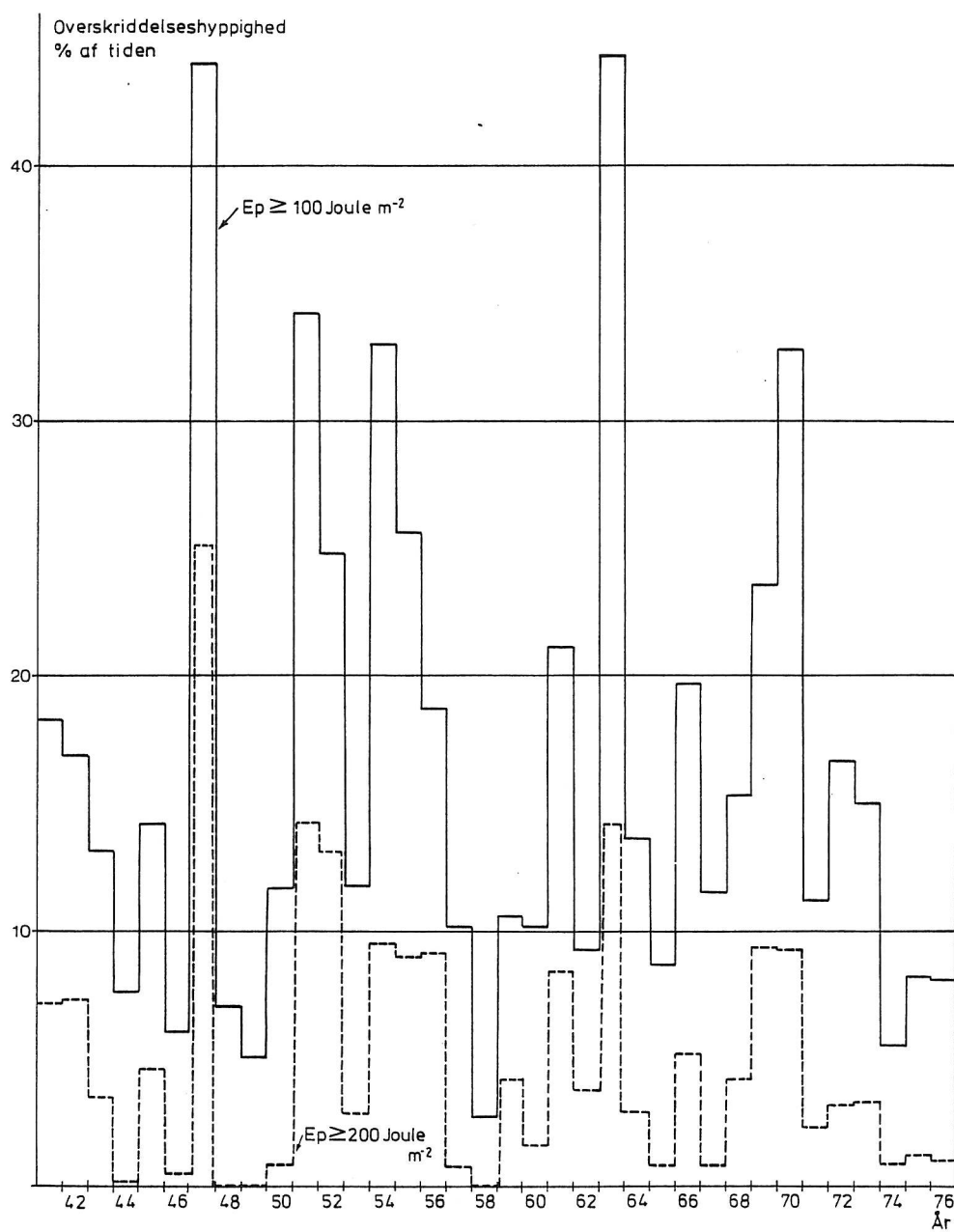


Figur nr. 5.1-1

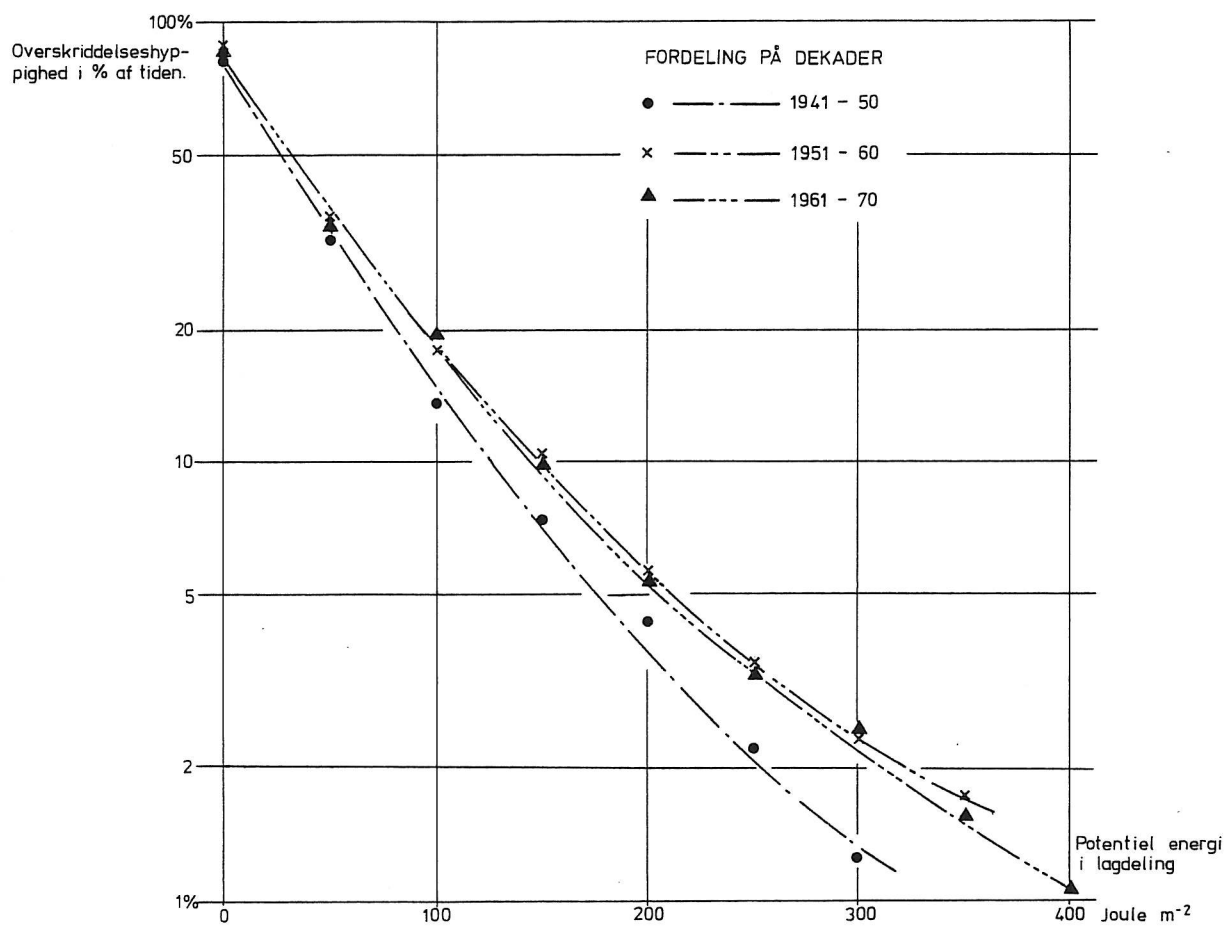


Figur nr. 5.1-2

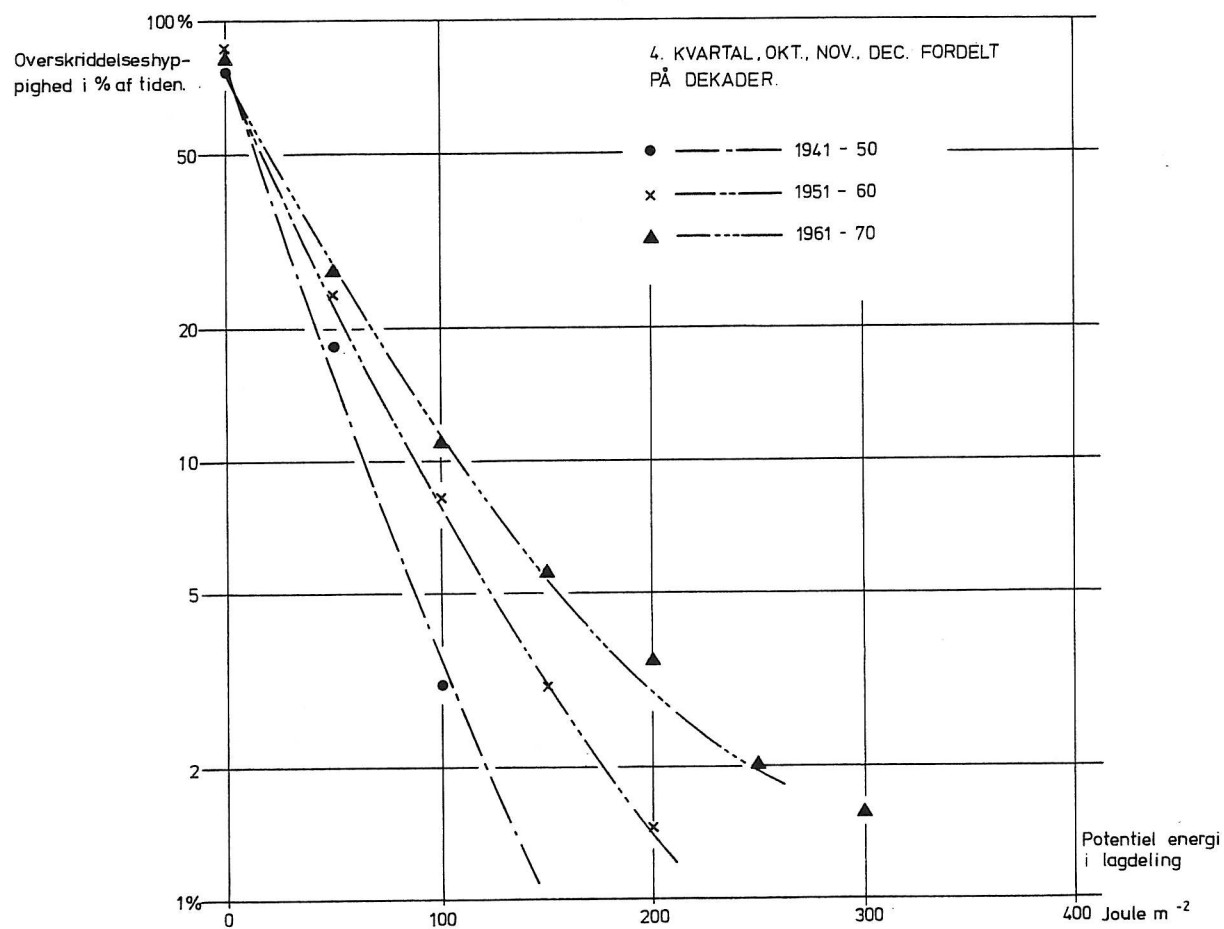
Fordeling på de enkelte år.



Figur nr. 5.2-1



Figur nr. 5.2-2



Figur nr. 5.2-3



## 6. REFERENCER

Det danske Meteorologiske Institut, "Nautisk Meteorologisk Årbog", 1941-60.

Det danske Meteorologiske Institut, "Oceanografiske observationer fra danske fyrskibe og kyststationer", 1962-75.

Riley, J.P., Skirrow, G., "Chemical Oceanography", Vol. 1, Academic Press, 1975.